

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 44 19 395 A 1

(51) Int. Cl. 6:
G 06 T 7/40

DE 44 19 395 A 1

(21) Aktenzeichen: P 44 19 395.5
(22) Anmeldetag: 30. 5. 94
(23) Offenlegungstag: 14. 12. 95

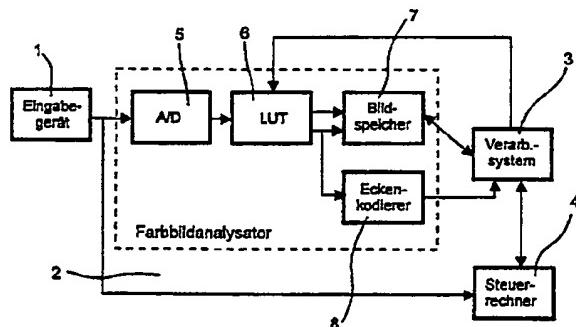
(71) Anmelder:
Graphikon GmbH, 10409 Berlin, DE

(74) Vertreter:
Kietzmann, M., Dipl.-Ing. Faching. f.
Schutzrechtswesen, Pat.-Anw., 10317 Berlin

(72) Erfinder:
Friedrich, Andrea, 10178 Berlin, DE; Gruner,
Christian, 13187 Berlin, DE; Kutschke, Gerhard, 13187
Berlin, DE; Schilling, Thomas, 13053 Berlin, DE;
Winter, Harald, Dr., 10119 Berlin, DE

(54) Verfahren und Einrichtung zur Analyse und Verarbeitung von Farbbildern

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Analyse und Verarbeitung von Farbbildern durch Auswertung einer zu erkennenden Bildszene, welche punkt- und zeilenweise trichromatisch abgetastet und durch ein digital in Echtzeit arbeitendes Bildverarbeitungssystem verarbeitet wird. Die farbigen Objekte der Bildszene werden an Hand angelernter Farbklassen erfaßt und entsprechend ihrer Anzahl, Form und Position ausgewertet und/oder hinsichtlich ihrer Farbwerte analysiert, erkannt und/oder verglichen. Dabei wird eine objektbezogene Listenverarbeitung durchgeführt, indem eine Detektion der Ecken zusammenhängender Gebiete in einem Labelbild erfolgt.



DE 44 19 395 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 95 508 050/37

10/27

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der elektronischen Bildverarbeitung und Objekterkennung und betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Analyse und Verarbeitung von Farbbildern. Sie findet in einer Vielzahl von Anwendungsfällen Verwendung, wo es darauf ankommt, farbige Objekte entsprechend angelernter Farbklassen zu erfassen und entsprechend ihrer Anzahl, Form und Position auszuwerten und/oder hinsichtlich ihrer Farbwerte zu analysieren, zu erkennen und/oder zu vergleichen.

Obwohl beim menschlichen Sehen die Farbwahrnehmung zweifellos eine grundlegende Bedeutung besitzt und im Bereich der technischen Bildwiedergabe das Farbfernsehen, die Farbfotografie und der Farbdruck selbstverständlich geworden sind, dominiert in der industriellen digitalen Bildanalyse immer noch die Grauwertverarbeitung. Die Ursache liegt sicherlich darin, dass bisher noch keine durchgängigen Systemlösungen gefunden wurden, die in Bezug auf Universalität, echtzeitnahe Verarbeitung, ausreichende Farbqualität, vertretbare Hardwarekosten und Entwicklungsumgebung allen Anforderungen einer breiten industriellen Anwendung gerecht werden.

Dabei ist die Farbe für viele Problemlösungen und industrielle Anwendungsmöglichkeiten zum Teil unverzichtbar. In vielen Fällen kann aber auch die Nutzung von Farbinformationen eine Erkennungsaufgabe im Vergleich zur Grauwertverarbeitung so vereinfachen und die Ergebnisse verbessern, daß der Mehraufwand gerechtfertigt ist bzw. sogar an anderer Stelle ausgeglichen wird.

Der Begriff Farbe hat nur im Zusammenhang mit einem Wahrnehmungssystems eine Bedeutung. So ist z. B. das menschliche Farbsehen ein äußerst komplexer Vorgang. Die Wirkungskette zwischen Licht und Farbempfindung beginnt im Bereich der Physik (Emission des Lichtes, Absorption und Reflexion durch die unterschiedlichen Materialien, Entstehung eines zeit- und ortsabhängigen Farbreizes), durchläuft den Bereich der Physiologie (optische Projektion des Farbreizes und Umwandlung in eine "interne Kodierung") und endet im Bereich der Psychologie, in der in Wechselwirkung mit dem Wissen und der Erfahrung des Menschen erst die eigentliche Farbempfindung entsteht.

Bereits Anfang des 19. Jahrhunderts wurde von dem englischen Arzt und Physiker Thomas Young die Theorie des trichromatischen Farbsehens entwickelt. Deren Grundgedanke besteht darin, daß jede Farbempfindung durch eine Mischung von drei Lichtquellen mit unterschiedlicher aber konstanter Wellenlänge mittels Variation deren Intensität erzeugt werden kann. Diese Theorie ist die Grundlage der Colorimetrie, bei der durch Analyse des Farbreizes die resultierende Farbempfindung vorausgesagt und quantitativ beschrieben werden soll. In der Videotechnik, wo jeder Farbreiz durch eine Mischung aus rotem, grünen und blauen Licht erzeugt wird, findet dieser Ansatz unmittelbare Anwendung. Erst viel später (1964) ist diese Arbeitshypothese durch Entschlüsselung des biochemischen Prozesses im menschlichen Auge bestätigt worden. Demnach besteht die erste Stufe der Farbwahrnehmung darin, daß durch das sichtbare Licht drei Arten von Photorezeptoren der Retina (sogenannte Zapfen), die in verschiedenen, sich allerdings überlappenden Spektralbereichen empfindlich sind, unterschiedlich stark gereizt werden. Damit wurde bestätigt, daß die Vielfalt spektraler Verteilungen

des sichtbaren Lichtes nicht in vollem Umfang wahrnehmbar ist und das Farbsehen grundsätzlich auf ein dreidimensionales Problem zurückgeführt werden kann.

Ausgangspunkt aller Farbsysteme sind die sogenannten Tristimuluswerte, die sich aus der Aufnahme eines Farbreizes mittels dreier Sensoren, die unterschiedliche spektrale Empfindlichkeitskurven besitzen, ergeben. Sie werden allgemein mit R, G und B (für Rot, Grün und Blau) bezeichnet. Die meisten Farbsysteme sind nun darauf ausgerichtet, diese Werte in einen anderen dreidimensionalen Raum zu transformieren, der die explizite Trennung einer zweidimensional beschriebenen Buntheit (im CIE-System die Normfarbwertanteile) der Farbe von ihrer eindimensional beschriebenen Helligkeit ermöglicht. In der Buntheitsebene ist stets ein Punkt als Unbuntpunkt ausgezeichnet. In diesem Punkt bilden sich Farben mit energiegleichen Spektren bzw. mit identischen Tristimuluswerten ($R=G=B$), d. h. die unbunten Farben, ab. Die Entfernung einer Farbe von diesem Punkt kennzeichnet ihre Sättigung (spektraler Farbanteil, saturation), die Richtung vom Unbuntpunkt zum Abbildungspunkt einer mehr oder weniger bunten Farbe definiert ihre Buntart (Bunton, hue). Die Helligkeit ergibt sich in fast allen Systemen aus einer linearen Verknüpfung der RGB-Werte, wobei in verschiedenen Systemen diese unterschiedlich gewichtet werden. Die entscheidenden Unterschiede treten in der Beschreibung der Buntheit auf. In einigen Systemen wird die zweidimensionale Buntheit mit karthesischen Koordinaten beschrieben, wobei wie im CIExyz-System der Unbuntpunkt nicht im Koordinatenursprung liegen muß. Entsprechend der Unterscheidung von Sättigung und Buntart verwenden andere Systeme Polarkoordinaten.

In beiden Fällen muß deutlich unterschieden werden, ob der Maßstab der Buntheitsebene auf die Helligkeit normiert ist oder nicht, d. h. ob es sich um eine absolute oder eine relative Angabe der Sättigung handelt. Letztendlich ist in der Farbbildverarbeitung die Bezugnahme auf die absolute Sättigung unerlässlich, da im Falle eines kleinen absoluten Abstandes des Abbildungspunktes einer Farbe in der Buntheitsebene vom Unbuntpunkt kleine Änderungen der RGB-Werte zu großen, sprunghaften Änderungen der Buntart führen und diese demzufolge nicht oder nur mit Vorsicht auswertbar ist. Andererseits ist aber auch eine relative Sättigungsangabe erforderlich, wenn zwei bunte Farben, die sich im Fall gleicher Beleuchtung nur in ihrer absoluten Sättigung und nicht in ihrer Buntart unterscheiden auch bei Veränderung der Helligkeit wiedererkannt und unterschieden werden sollen. Da ein Farbeindruck sich immer aus Buntheit und Helligkeit zusammensetzt, folgt natürlich auch, daß Objekte, deren Farben sich nur in der Helligkeit unterscheiden, bei wechselnder Helligkeit der Beleuchtung nicht anhand ihrer Farbe wiedererkannt bzw. voneinander getrennt werden können.

Bekannt sind exakte farbmétrische Messungen und Qualitätskontrollen, die nur unter genau definierten Beleuchtungs- und Betrachtungsbedingungen möglich sind. Mit vertretbarem Aufwand können solcher Art Farbanalysen derzeit mittels Spektralphotometern nur für kleine, punktförmige Meßflächen realisiert werden. In vielen Fällen, die mit einer bildhaften Farbaufnahme und -auswertung verbunden sind, ist eine solche Genauigkeit jedoch nicht erforderlich. Es geht nicht um farbmétrische Messungen an Objekten, sondern Farbe wird als ein weiteres Merkmal neben Größe, Form und Oberflächentextur zur Detektion und Bewertung von Objek-

ten benutzt, wobei mitunter relativ grobe Unterscheidungen ausreichend sind.

Auf dem Gebiet der digitalen Bildverarbeitung sind bereits aus den deutschen Patentanmeldungen DE OS 4310727, DE OS 4309877, DE OS 4309879, DE OS 4335215 Verfahren und Einrichtungen bekannt, die der Vorlagen-Analyse einer zu reproduzierenden farbigen Bildvorlage dienen und das bisher bekannte Wissen auf dem Gebiet der Analysen von Bildvorlagen sinnvoll zusammenfassen. Diese Lösungen gehen ebenfalls von der punkt- und zeilenweisen, trichromatischen Abtastung eines Farbbildes aus. Die Bildwerte (R, G, B) eines Eingabegerätes, die einen ersten Farbraum bilden, werden in funktionsmäßig zugehörige Bildwerte (L^* , a^* , b^*) eines zweiten Farbraumes transformiert. An Hand dieses zweiten Farbraumes werden bereits alle notwendigen Farbanalyse- und Bildbearbeitungs-Funktionen für die exakte Erstellung einer Reproduktions-Vorlage realisiert. Eine effektive Muster- und Objekterkennung, wie sie bei vielen industriellen, sicherheitstechnischen und militärischen Aufgaben gefordert wird, ist mit den bekannten Verfahren bei einem vertretbaren Aufwand nicht zu realisieren.

Grundlage der meisten Verfahren zur Objekt- und Mustererkennung bildet die Grauwertverarbeitung, d. h. die Detektion von Grauwertsprünge (Grauwertkanten) in einem Bild. Daraus ergeben sich linienhafte Informationen, die die Kontursegmente der verschiedensten Objekte erfassen, aus denen unter Einbeziehung geeigneter Modelle die gesuchten Objekte abgeleitet werden. Der flächenhafte Zusammenhang der Objekte kann auf diesem Weg i.a. nur nachträglich und modellgestützt abgeleitet werden. Das kann sich bei geringen Helligkeitsunterschieden zwischen Objekt und Umgebung und anderen Störungen (z. B. Verdeckungen, Schattenbildungen, Reflexionen) als sehr schwierig erweisen, da die Kantensegmente nur lückenhaft oder stark gestört vorliegen. Die unmittelbare Ableitung flächenhafter Informationen auf der Basis von Grauwertschwellen oder Texturmerkmalen, ist deshalb in vielen Fällen nicht praktikabel. Da bekannt ist, daß sich bunte Objekte bzw. Markierungen besser vom Untergrund bzw. der Umgebung unterscheiden, bietet sich die Hinzunahme der Farbinformation in die Bildverarbeitung geradezu an. Die einfache summarische Verbindung der bekannten Verfahren zur Farbbildanalyse und zur Muster- bzw. Objekterkennung ist zwar theoretisch möglich, jedoch zu aufwendig und unökonomisch.

Aus der deutschen Patentschrift DE PS 4141880 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur automatischen Erkennung von farbigen und/oder auch schwarz/weißen Objekten bekannt, welche unregelmäßig oder unzusammenhängend geformt sein können, wie beispielsweise Zellcluster. Die von einer Videokamera gelieferten Bildpunktssignale werden mit einem Fensterkomparator, bei Farbsignalen mit drei Fensterkomparatoren, mit oberen und unteren Schwellenwerten verglichen. Es wird für einzelne Bereiche eines über das Gesamtbild gelegten Rasters die Zahl der zwischen den Schwellenwerten liegenden Bildpunktssignale bestimmt, und die so ermittelten Zahlen werden in einer Speichermatrix gespeichert, bei der jedes Element einem Bereich des über das Ausgangsbild gelegten Rasters entspricht. Das so im Informationsgehalt reduzierte Bild wird anschließend mit einer Maske abgetastet, um zu bestimmen, welche Elemente der Speichermatrix einen vorgegebenen Wert überschreiten und um welchen Abstand sie von anderen Matrixelementen mit einem ebenfalls über dem Schwell-

tenwert liegenden Inhalt getrennt sind.

Dieses bekannte Verfahren der Objekterkennung beruht auf einem Bildvergleich und ist speziell im medizinisch biologischen Bereich einsetzbar, wo es darum geht unregelmäßige und/oder auch unzusammenhängend geformte Zellstrukturen zu erkennen und/oder diese Zellcluster zu zählen. Zur besseren Erkennung werden die Zellstrukturen in bestimmter Weise eingefärbt und diese Farbinformation zusätzlich in die Auswertung mit einbezogen. Dazu ist es notwendig, die allgemein im Stand der Technik bekannte Farbtransformation aus dem RGB-Raum in den HSI-Raum (H = Hue = Farbton, Buntart; S = Saturation = Sättigung; I = Intensity = Intensität, Helligkeit) durchzuführen.

Insgesamt wird in dieser Erfindung lediglich die Grauwertskala durch eine Farbskala erweitert, ohne das die Farbe, wie bei der menschlichen Farbwahrnehmung, integrativ in den komplexen Erkennungsprozeß mit einbezogen wird.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Einrichtung zu schaffen, in denen bestimmte Elemente bekannter Verfahren und Einrichtungen der Farbbildanalyse und der Muster- und Objekterkennung derart sinnvoll miteinander integriert sind, daß ein komplexes Farbbild-Erkennungs- und -Verarbeitungssystem entsteht, welches einfacher, ausreichend genau, schneller und zuverlässiger arbeitet sowie universell in der Anwendung und billiger in seiner Realisierung ist.

Erfnungsgemäß wird die Aufgabe in Bezug auf das Verfahren mit den in dem 1. Anspruch angegebenen Verfahrensschritten und in Bezug auf die Einrichtung mit den Merkmalen des 5. Anspruches gelöst, indem die von einem Eingabegerät, welches eine Videokamera, ein Scanner oder eine CCD-Matrix sein kann, gewonnenen Bildwerte (R, G, B) eines ersten Farbraumes in einen hinsichtlich Buntart (Hue), Sättigung (Saturation) und Helligkeit (Intensity) (H, S, I) speziell definierten und vom ersten Farbraum unabhängigen zweiten Farbraum pixelweise transformiert werden. Die Umsetzung der Farbwerte aus dem ersten in den zweiten Farbraum erfolgt hardwaremäßig in Videoechtzeit unter Verwendung von Look-Up-Table (LUT)-Bauteilen.

In diesem zweiten Farbraum wird eine Trennung von Buntheit (Buntart und Sättigung) und Helligkeit durchgeführt, was die Erkennung bestimmter Farbklassen auch bei Helligkeitsschwankungen erlaubt. Für die später im Verfahren durchzuführende Muster- und Objekterkennung wird zusätzlich der Vorteil genutzt, daß die Klassifikation der einzelnen Bildpunkte anhand ihrer Farbe unmittelbar zu einer flächenhaften Segmentierung des Abbildes führt.

Gleichzeitig werden die Farbwerte des ersten Farbraumes pixelweise klassifiziert und damit das Farbbild in ein sogenanntes Labelbild (Label = Adresse, Kennzeichnung), welches nur noch die Klassennummern enthält, überführt. Technisch erfolgt die Farbklassifikation und die Erzeugung eines Labelbildes gleichzeitig und parallel zur Farbtransformation mittels demselben LUT, der dafür mit einer entsprechend großen Ausgangswortbreite zur gleichzeitigen Kodierung der Werte des zweiten Farbraumes und der Label ausgestattet ist.

Die Belegung der Ausgangswerte in Form einer Tabelle wird durch ein Verarbeitungssystem vorgenommen. Die Zuordnung der Label, d. h. die Farbklassifikation kann sowohl auf Basis einer interaktiven Belehrung anhand von Beispielobjekten als auch auf Basis einer automatischen Analyse von Bildern im zweiten Farb-

raum durch das Verarbeitungssystem erfolgen.

In dem Labelbild erfolgt dann eine Erkennung der Grenzlinien zwischen Gebieten mit verschiedenen Label in Videoechtzeit, indem ein Übergang zu einer objektbezogenen Listenverarbeitung durch Detektion der Ecken (Erstellung einer Eckendekodierliste) durchgeführt wird. Hardware-mäßig erfolgt die Realisierung der Eckendekodierung kostengünstig und zweckmäßigweise in einem Eckenkodierer mit Hilfe von frei programmierbaren LCA-Bauelementen. Damit ist die das Verfahren realisierende Schaltung optimal an verschiedene Zwecke anpaßbar, ohne für weitere Implementierungen erneute Leiterkartenentwürfe herzustellen.

Die entstehende Eckendekodierliste, die das Labelbild eindeutig beschreibt, aber wesentlich weniger Daten erfordert als das Labelbild selbst, wird durch das Verarbeitungssystem, das auf einem Universalprozessor beruht, weiterverarbeitet. Zunächst wird eine metrisch-topologische Beschreibung zusammenhängender Labelgebiete unter Einbeziehung schneller Konturapproximationsverfahren abgeleitet. Auf dieser Basis und unter Einbeziehung der zielgerichteten Auswertung des gespeicherten und transformierten Farbbildes können komplexe Objekte und Objektzusammenhänge auf einer symbolischen Ebene erkannt und analysiert werden.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung betrifft die besondere Arbeitsweise und den Aufbau des Eckenkodierers, der aus den in einer Rasterbilddarstellung enthaltenen Konturecken eine Listendarstellung erzeugt. Die als Liste vorliegenden Bilddaten werden dann ohne weitere Bildverarbeitungs-Spezialhardware in einem Verarbeitungssystem ausgewertet. Der Eckenkodierer erzeugt die Listendarstellung aus der Verarbeitung 2- oder mehrlabeliger (z. B. 16-labeliger) Bilddaten.

Eine im Eckenkodierer integrierte Vorverarbeitungsstufe ermöglicht eine Binarisierung von Bilddaten bezüglich programmierbarer Schwellenwerte und damit auch die Verarbeitung von Grauwertbildern.

Der Eckenkodierer ist somit für die Verarbeitung von:

- * Binärbildern (2-labelig)
- * Grauwertbildern (nach Binarisierung 2-labelig oder jedem Grauwert ein Label zugeordnet) und
- * Farbbildern (jedem Farbwert oder Farbbereich z. B. über eine LUT ein Label zugeordnet) geeignet.

Die Baugruppe führt die im Rasterbild auszuführenden verarbeitungs- und rechenzeitintensiven Teilfunktionen des Verarbeitungsalgorithmus in Videoechtzeit aus und erzeugt beim Auftreten von Ecken im Bild Codes, die in Listenform ausgegeben und durch ein Verarbeitungssystem ausgewertet werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren 1 bis 7 näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Anordnung zur Realisierung des erfundungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 ein Kommunikationsmodell für ein Farbbildverarbeitungssystem,

Fig. 3 ein Prinzipschaltbild des Eckenkodierers,

Fig. 4 die Funktionsweise der Eckendekodierung,

Fig. 5 ein aufgenommenes Farbbild in Grauwertdarstellung,

Fig. 6 das Ergebnis einer pixelweisen Farbklassifikation entsprechend angelernter Farbklassen,

Fig. 7 die Erkennung kreisförmiger Objekte.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung den prinzipiellen Aufbau einer Einrichtung zur Analyse und

Verarbeitung von Farbbildern entsprechend des erfundungsgemäßen Verfahrens und Fig. 2 ein Kommunikationsmodell des Farbbildverarbeitungssystems nach Fig. 1. Die Einrichtung besteht aus einem Eingabegegerät 1, einem Farbbildanalysator 2, einem Verarbeitungssystem 3 und einem Steuerrechner 4. Mit dem Eingabegegerät 1 wird eine zu erkennende Bildszene punkt- und zeilenweise, trichromatisch abgetastet. Die durch das Eingabegegerät 1 gewonnenen Bildwerte (R, G, B) eines ersten Farbraumes 9 werden in Echtzeit über ein A/D-Wandlermodul 5 in eine Farbtransformations- und -klassifikationstabellen 6 eingelesen, welche die Bildwerte (R, G, B) eines dem Eingabegegerät 1 zugeordneten ersten Farbraumes 9 in die funktionsmäßig zugeordneten Bildwerte eines von dem ersten Farbraum 9 unabhängigen zweiten Farbraumes 10 sowie in Farbklassennummern (Label 11) umsetzt. Aus dem Labelbild 11 wird anschließend in einem Eckenkodierer 8 eine Eckendekodierliste 12 erstellt und in den Speicher des Verarbeitungssystems 3 übertragen. In einem Bildspeicher 7 werden das klassifizierte Farbbild 10 und das Labelbild 11 gespeichert. In dem Verarbeitungssystem 3, das sowohl mit der Farbtransformations- und -klassifikationstabellen 6, dem Bildspeicher 7 und dem Eckenkodierer 8 verbunden ist und Informationen aus dem Bildspeicher 7 und dem Eckenkodierer 8 erhält, erfolgt das eigentliche Erkennen (Wahrnehmen) der erfaßten Muster oder Objekte. Über einen Steuerrechner 4 stehen die durch das Verarbeitungssystem 3 erfaßten Ergebnisse zur Ausgabe oder einer anderen Verarbeitung, wie beispielsweise einer Prozeßsteuerung, zur Verfügung. Der Steuerrechner 4 übernimmt außerdem die Bildvisualisierung und interaktive Aufgaben.

In dem Verarbeitungssystem 3 wird zunächst eine metrisch-topologische Beschreibung zusammenhängender Labelgebiete 13 (Fig. 2) unter Einbeziehung schneller Konturapproximationsverfahren aus der Eckendekodierliste 12 abgeleitet und anschließend unter Einbeziehung einer zielgerichteten Auswertung des gespeicherten und transformierten Farbbildes (HSI 10 und Label 11) wird eine komplexe metrisch-topologische und farbliche Objektbeschreibung 14 durchgeführt.

Fig. 3 beschreibt den prinzipiellen Aufbau des Eckenkodierers 8, der aus einem Prozessorkern 15, welcher typischerweise mit einem ASIC (z. B. LCA der Fa. XILINX) realisiert wird, einem Zeilenspeicher 16 (z. B. mittels FIFO realisiert) sowie einem (optionalen) Pufferspeicher 17 (ebenfalls mittels FIFO realisiert) besteht.

Der Zeilenspeicher 16 dient der Generierung eines 2×2 Bildfensters im Prozessorkern 15, in dem die Ecken-detection erfolgt. Der Pufferspeicher 17 entkoppelt die Datenerzeugung durch den Prozessorkern 15 von der Datenübernahme durch das Verarbeitungssystem 3, so daß z. B. eine blockweise Übertragung der unregelmäßig anfallenden Listendaten möglich wird.

Die Funktionsweise des Eckenkodierers 8 ist in Fig. 4 dargestellt. Die zu verarbeitenden Bilddaten werden dem Eckenkodierer 8 nach Fig. 3 durch ein Eingangsinterface bereitgestellt. Die temporäre Speicherung der jeweils vorangehenden Bildzeile erfolgt mit einem Zeilenspeicher (FIFO 1) 16. Aus den Daten der aktuellen und der vorhergehenden Bildzeile wird für jeden einlaufenden Bildpunkt die Belegung des ihn einschließenden 2×2-Fensters abgeleitet. Ist in diesem Fenster mehr als ein Label vertreten, wird entsprechend Fig. 4 auf das Vorhandensein einer Ecke geprüft. Entsprechend der Art der Ecke wird ein Code gebildet, der zusammen mit der Zeilenposition der Ecke und der aktuellen Belegung

des Fensters (4 Label) ausgegeben wird. Zusätzlich wird an jedem Zeilenende ein Zeilenendencode generiert. Aus diesen Werten kann das Verarbeitungssystem 3 (Fig. 1) die vollständige Kontur und morphometrischen Merkmale der im Bild enthaltenen Objekte ermitteln. Der generierte Code dient der Beschleunigung der Auswertung.

Die erzeugten Ausgangsdaten werden in einem Pufferspeicher (FIFO 2) 17 (Fig. 3) abgelegt und zum Verarbeitungssystem 3 (Fig. 1) blockweise übertragen. Der Pufferspeicher 17 ermöglicht sowohl eine Entkopplung der Datenströme vom Eckenkodierer 8 und dem Verarbeitungssystem 3 als auch eine Verarbeitung von Bildern mit stark gestörten Bildteilen, die kurzzeitig einen Datenanfall erzeugen, der größer ist als die Datenübernahme des Verarbeitungssystems 3.

Die Fig. 5 bis 7 zeigen ein Beispiel für die Klassifikation von bunten Objekten nach Farbe, Größe und Form. Fig. 5 gibt das unverarbeitete Originalbild (hier in Grauwertdarstellung) wieder. Es handelt sich um linsenförmige bunte Objekte, von denen einige zerbrochen sind, auf einem unbunten Hintergrund.

Fig. 6 zeigt das Ergebnis einer pixelweisen Farbklassifikation. Bildpunkte, die einer der angelernten Farbklassen entsprechen, sind weiß wiedergegeben, alle anderen schwarz. Das Ergebnis, d. h. die Erkennung von intakten, kreisförmigen Objekten eines bestimmten Durchmessers, ist in Fig. 7 dargestellt.

Nach dieser Systematik, bei der von einer Bildsegmentierung auf Basis von Farbmerkmalen ausgegangen wird, können viele Probleme der Sortierung und Kontrolle von Objekten nach Farbe, Größe und Form gelöst werden. Das betrifft zum Beispiel die Sortierung und Verpackung von Obst und Gemüse, die Kontrolle des Bräunungsgrades von Backwaren, Kontrolle von Tabelletpackungen und vieles andere mehr.

In der Robotertechnik kann auf dieser Basis das Erkennen und Greifen nach unsortierten Teilen in einer Kiste gelöst werden, wenn diese geeignete farbige Merkmale besitzen oder zielgerichtet mit solchen versehen werden.

Auch Überwachungsfunktionen und Bewegungsanalysen können durch bewußte farbliche Gestaltung bzw. Markierungen vereinfacht und nach der Erfindung ausgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Analyse und Verarbeitung von Farbbildern einer zu erkennenden Bildszene durch Auswerten der durch punkt- und zeilenweise, trichromatischen Abtastung der Bildszene mittels eines Eingabegerätes gewonnenen Bildwerte (R, G, B) durch ein digital in Echtzeit arbeitenden Bildverarbeitungssystem, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) die von dem Eingabegerät (1) gewonnenen Bildwerte (R, G, B) eines ersten Farbraumes (9) in einen hinsichtlich Buntart (Hue), Sättigung und Helligkeit speziell definierten und vom ersten Farbraum (9) unabhängigen zweiten Farbraum (10) pixelweise transformiert werden,
 - b) in dem zweiten Farbraum (10) eine Trennung von Buntheit und Helligkeit durchgeführt wird, was die Erkennung bestimmter Farbklassen auch bei Helligkeitsschwankungen erlaubt,
 - c) die Bildwerte (R, G, B) eines ersten Farbraums

mes (9) werden gleichzeitig pixelweise über eine Farbklassifikations- und -transformationstabelle (6) klassifiziert und dieses so klassifizierte Farbbild in ein sogenanntes Labelbild (11), welches nur noch die Klassennummern enthält, überführt und zusammen mit den Bildwerten des zweiten Farbraums (10) in einem dafür vorgesehenen Bildspeicher (7) gespeichert,

d) in dem Labelbild (11) eine Verarbeitung in Videoechtzeit durchgeführt wird, indem ein Übergang zum objektbezogenen Listenverarbeitung durch Detektion der Ecken (Erstellung einer Eckenkodeliste (12)) durchgeführt wird und aus der Eckenkodeliste (12) in einer Verarbeitungseinheit (3) die Ableitung von zusammenhängenden mehrwertigen Labelgebieten (13) erfolgt,

e) die zusammenhängenden Labelgebiete (13) in der Verarbeitungseinheit (3) metrisch-topologisch analysiert werden als Basis für die Erkennung komplexer Objekte und Objektzusammenhänge auf einer symbolischen Ebene (14), wobei durch den Zugriff auf den Bildspeicher (7) die Auswertung der Farbinformation des zweiten Farbraums (10) einbezogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Belehrung der Farbklassifikations- und -transformationstabelle (6), der im Verfahrensschritt c klassifizierten Farbwerte, interaktiv anhand von Beispieleobjekten oder automatisch durch Analyse der Bildwerte des zweiten Farbraumes (10) durch das Verarbeitungssystem (3) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die metrisch-topologische Beschreibung des Labelbildes (14) im Verfahrensschritt e durch die Einbeziehung schneller Konturapproximationsverfahren zur Sicherung einer stark verdichteten Beschreibung des Labelbildes (14) erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Verarbeitungssystem (3) auf der Basis der Eckenkodeliste (12) und dem in den zweiten Farbraum (10) transformierten Bildes eine Analyse der gefundenen farbigen Objekte oder Muster durch das Verarbeitungssystem (3) in Videoechtzeit oder angenäherter Videoechtzeit erfolgt.

5. Einrichtung zur Analyse und Verarbeitung von Farbbildern einer zu erkennenden Bildszene durch Auswerten der durch punkt- und zeilenweise, trichromatischen Abtastung der Bildszene mittels eines Eingabegerätes gewonnenen Bildwerte (R, G, B) durch ein digital in Echtzeit arbeitendes Bildverarbeitungssystem, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung aus einem Eingabegerät (1), einem Farbbildanalysator (2), einem Verarbeitungssystem (3) und einem Steuerrechner (4) besteht, das Eingabegerät (1) über ein A/D-Wandlermodul (5) an eine Farbklassifikations- und -transformationseinrichtung (6) in dem Farbbildanalysator (2) angeschlossen ist, welche die Bildwerte (R, G, B) eines dem Eingabegerät (1) zugeordneten ersten Farbraumes (9) in die funktionsmäßig zugeordneten Bildwerte eines vom ersten Farbraum (9) unabhängigen zweiten Farbraumes (10) und in ein Labelbild (11) umsetzt, einem Eckenkodierer (8) zur Erstellung der Eckenkodeliste (12), einem Bildverarbeitungssy-

- stem (3) und einem Steuerchiner (4) besteht.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Farbklassifikations- und -transfor-
mationseinrichtung (6) im Farbbildanalysator (3)
aus Look-Up-Table (LUT)-Baugruppen besteht. 5
7. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Eckenkodierer (8) aus frei pro-
grammierbaren LCA-Bauelementen und FIFO-
Bauelementen besteht.
8. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekenn- 10
zeichnet, daß das Bildverarbeitungssystem (3) ein
kommerziell verfügbarer Signalprozessorboard ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

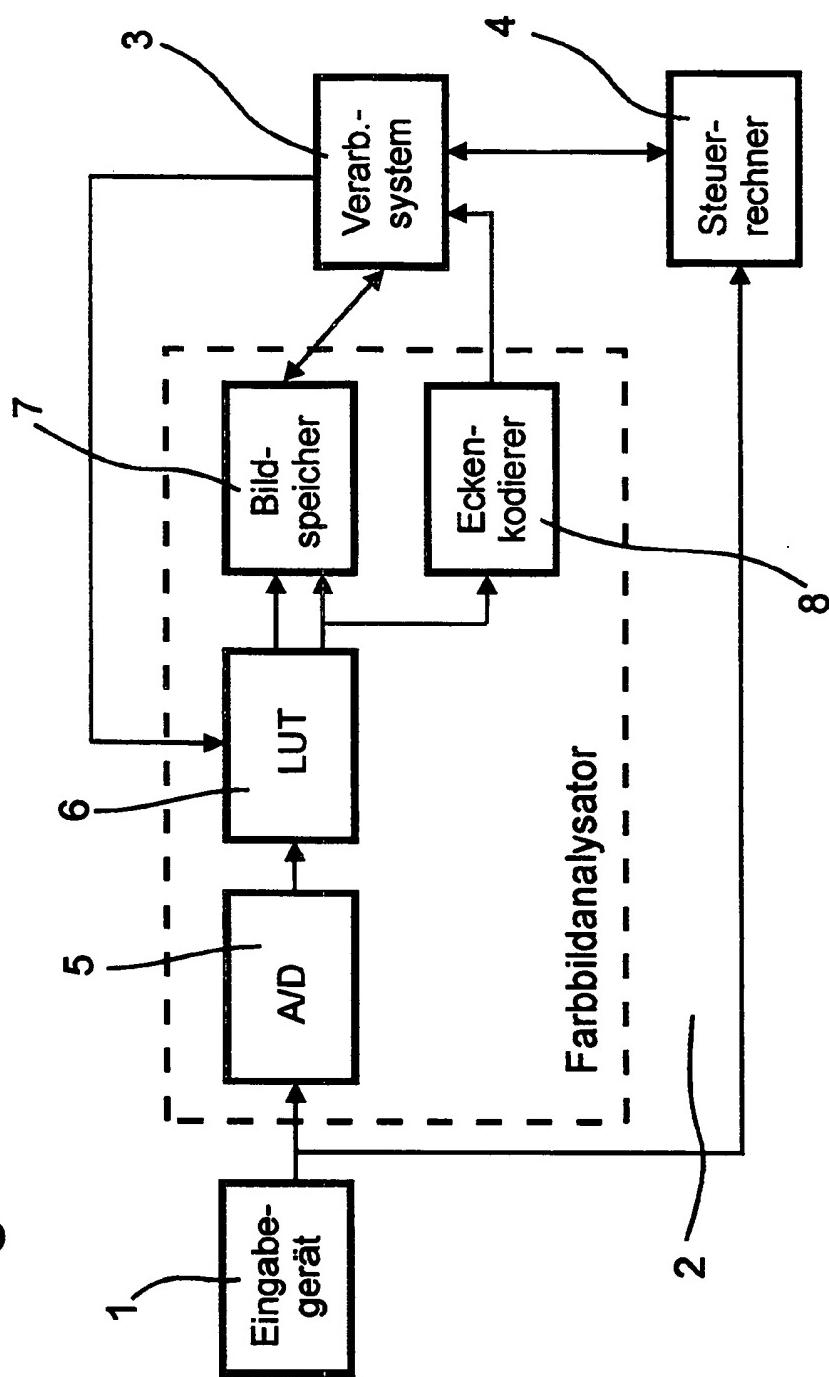


Fig. 2

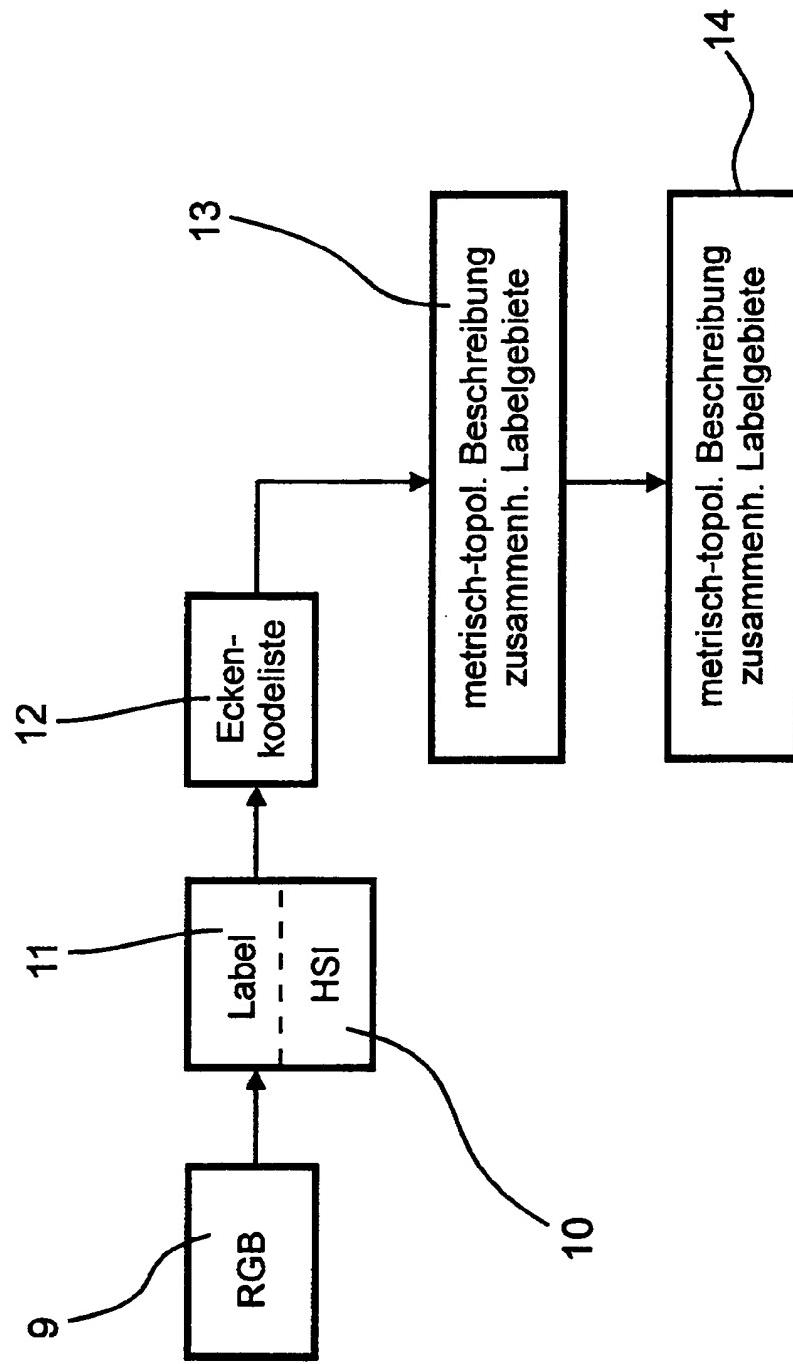
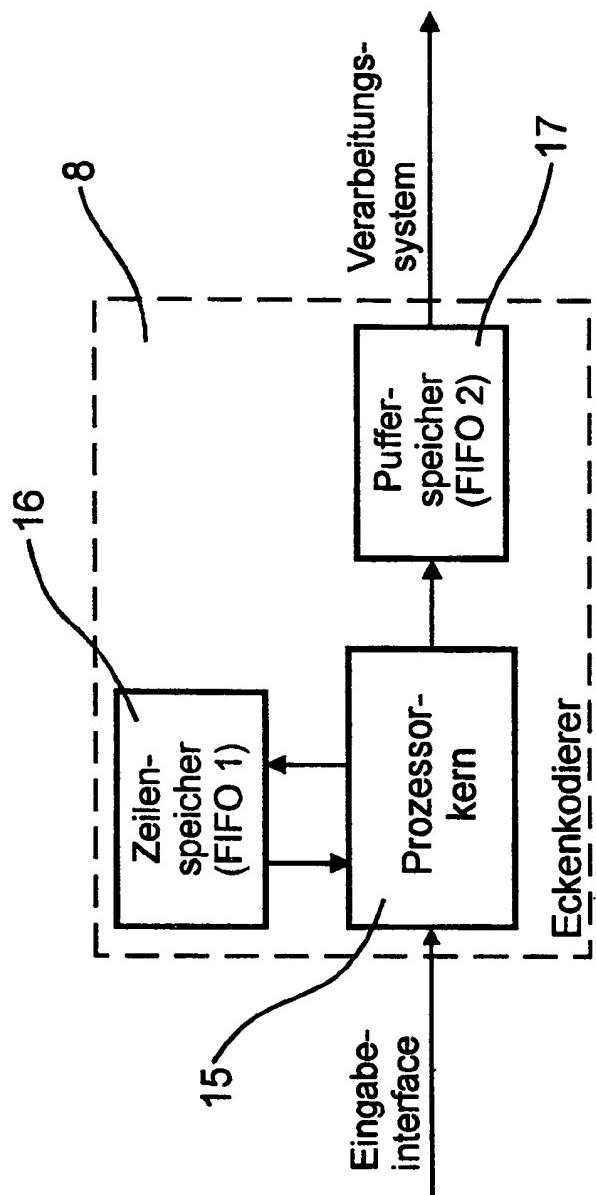


Fig. 3



Fensterbelegung mit
3 unterschiedl. LabelnFensterbelegung mit
2 unterschiedl. LabelnFensterbelegung mit
2 unterschiedl. Labeln

| Code |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | |
| | | | | | A | B |
| | | | | | C | |

Zeilenenddecode F

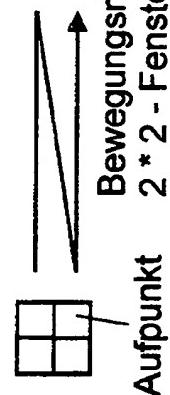


Fig. 4

Image processing for identification of colour objects e.g. for robotics

Patent number: DE4419395

Publication date: 1995-12-14

Inventor: FRIEDRICH ANDREA (DE); GRUNER CHRISTIAN (DE); KUTSCHKE GERHARD (DE); SCHILLING THOMAS (DE); WINTER HARALD DR (DE)

Applicant: GRAPHIKON GMBH (DE)

Classification:

- **international:** G06T7/40

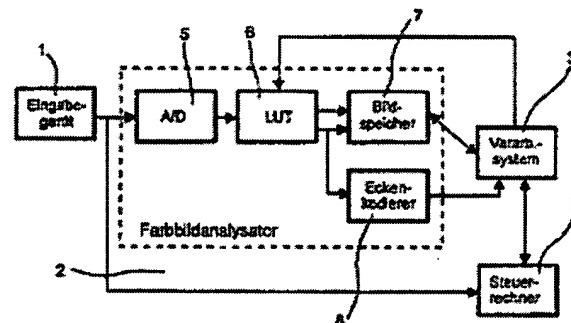
- **european:** G06T5/00F; G06T7/40; G01J3/46

Application number: DE19944419395 19940530

Priority number(s): DE19944419395 19940530

Abstract of DE4419395

The image processing and object identification system is used to analyse, identify and classify coloured objects on the basis of colour, shape and position. The analyser (2) receives an input (1) that allows the scene to be sampled on a line and point basis. Coupled to the analyser and input unit is a control computer (4) and outputs are connected to a processor (3). The RGB values entered are converted (5) and used to access colour transformation and classification data in a look-up table (6). The values are entered into a memory (7). Corner information is encoded (8) and fed to the processor for classifying.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY